

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Gebrauchsmusterschrift**
⑩ **DE 201 19 367 U 1**



⑤1 Int. Cl. 7:
B 32 B 5/16
B 32 B 15/02

②1 Aktenzeichen:	201 19 367.1
②2 Anmeldetag:	29. 11. 2001
④7 Eintragungstag:	11. 4. 2002
④3 Bekanntmachung im Patentblatt:	16. 5. 2002

DE 201 19 367 U 1

⑦3 Inhaber:
Cambridge University Technical Services Ltd.,
Cambridge, GB

⑦4 Vertreter:
Barz, P., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 80803
München

⑤4 **Sandwich-Verbundmaterial**

⑤7 Sandwich-Verbundmaterial umfassend zwei Metallplatten, die an einen Faserkern befestigt und durch diesen getrennt sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern ein dreidimensionales, poröses, Metallfasern umfassendes Netzwerk umfaßt, worin im wesentlichen alle Fasern in einem spitzen Winkel (A) zu den Platten geneigt sind.

DE 201 19 367 U 1

SANDWICH-VERBUNDMATERIAL

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Sandwich-Verbundmaterial, das für den Fahrzeugbau besonders geeignet ist.

Es ist allgemein anerkannt, daß Sandwich-Strukturen, die aus steifen Außenschichten, die durch einen Kern niedriger Dichte getrennt sind, zusammengesetzt sind, das Potential für eine sehr hohe spezifische Steifigkeit und andere interessante mechanische Eigenschaften bieten. Diese Materialien sind gewöhnlich starr und fest, aber weisen eine relativ geringe Masse auf. Sie sind daher z.B. als Werkstoffe oder Verpackungsmaterialien von besonderem Nutzen.

WO-A-9801295 offenbart ein Sandwich-Verbundmaterial umfassend Metallplatten, die durch Metallfasern getrennt sind, die senkrecht zu den Platten angeordnet und mit einem Klebstoff daran befestigt sind. Das Sandwich-Verbundmaterial wird hergestellt, indem mindestens eine der Metallplatten mit einem Klebstoff beschichtet wird und dann kurze Metallfasern elektrisch aufgeladen werden. Dadurch stellen sich die Fasern aufrecht und dringen in den Klebstoff auf einer der Metallplatten ein, wo sie verankert werden. Dieses Verfahren ist gewöhnlich als „Beflockung“ bekannt.

Ein Nachteil dieses Typs von Sandwich-Verbundmaterial besteht jedoch in dem ziemlich komplizierten und daher kostspieligen Herstellungsverfahren. Außerdem ist dieser Typ von Sandwich-Verbundmaterial auf Grund des relativ hohen elektrischen Widerstandes nicht leicht zu schweißen. Leichte Schweißbarkeit ist natürlich eine wesentliche Eigenschaft für Materialien zur Verwendung bei der Konstruktion. Daher besteht Bedarf nach einem Sandwich-Verbundmaterial, das nicht nur einfach und daher relativ preiswert herzustellen ist, sondern auch einen relativ geringen elektrischen Widerstand aufweist und daher leicht zu schweißen ist.

Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt ein Sandwich-Verbundmaterial zwei Metallplatten, die an einen Faserkern befestigt und durch diesen getrennt sind, und es ist dadurch gekennzeichnet, daß der Kern ein Metallfasern umfassendes, dreidimensionales, poröses Netzwerk umfaßt, worin im wesentlichen alle Fasern in einem spitzen Winkel (θ) zu den Platten geneigt sind.

Das Sandwich-Verbundmaterial kann durch einfaches Befestigen des Faserkerns zwischen zwei Metallplatten hergestellt werden, z.B. durch Einsatz eines Klebstoffes oder durch eine Hartlöttechnik.

Das Sandwich-Verbundmaterial nach der vorliegenden Erfindung ist leichter und daher preiswerter herzustellen als die in der Technik bekannten Materialien. Außerdem weist das Sandwich-Verbundmaterial einen vergleichsweise geringeren elektrischen Widerstand auf (wegen des guten Kontaktes zwischen den Fasern und den Außenseitenplatten), wodurch es ohne weiteres schweißbar ist. Es zeigt auch eine verbesserte Trägersteifigkeit und Grenzflächen-Scherfestigkeit bei relativ geringer Flächendichte im Vergleich mit Materialien nach dem Stand der Technik. Diese Eigenschaften sind besonders zweckmäßig für Materialien, die in der Konstruktion, z.B. von Fahrzeugen einschließlich Luftfahrzeugen, zu verwenden sind. Das Sandwich-Verbundmaterial nach der vorliegenden Erfindung kann auch ein großes Schall- und Schwingungsdämpfungsvermögen und eine wirksame Wärmeisolierung aufweisen.

Nach weiteren Aspekten der vorliegenden Erfindung können die Sandwich-Verbundmaterialien der vorstehend beschriebenen Art als Fahrzeugteile oder bei einer Reihe von Schweißkonstruktionen oder -komponenten verwendet werden.

Damit das Sandwich-Verbundmaterial nach der vorliegenden Erfindung für den Einsatz im Luftfahrzeug- oder Fahrzeugbau geeignet ist, sollte es leicht und relativ dünn sein. Geeignete Gesamtdicken des Sandwich-Verbundmaterials liegen in der Größenordnung von 0,5 mm bis 1 cm, vorzugsweise 0,5 bis 5 mm und bevorzugter 0,5 bis 3 mm.

Die Metallplatten können aus einer Reihe von unterschiedlichen Metallen sein. Beispiele hierfür umfassen Edelstahl, Stahl, Aluminium und Titan. Die Metallplatten sind aber vorzugsweise aus Edelstahl oder Aluminium.

Die Dicke der Metallplatten sollte derart sein, daß sie nicht reißenfällig sind. Geeignete Dicken der Metallplatten liegen im Bereich von 100 bis 600 μm und bevorzugter im Bereich von 150 bis 300 μm .

Der Kern des Sandwich-Verbundmaterials umfaßt ein dreidimensionales, poröses Netzwerk von Fasern, die vorzugsweise an Kreuzungspunkt-Stellen innerhalb des Netzwerks miteinander verbunden sind, z.B. durch Wärme- einwirkung. Die Fasern können in einem regelmäßigen Netz angeordnet sein oder

im ganzen Netzwerk regellos angeordnet sein. Die Fasern sind vorzugsweise in statistischer Weise orientiert, so daß die Kerneigenschaften isotrop sind.

Die Fasern sind innerhalb des Kerns derart angeordnet, daß sie mit der Kernebene und daher mit den Metallplatten einen Winkel bilden. Die Fasern können in regelmäßigen Anordnungen angeordnet sein, wobei in diesem Fall der durch jede Faser gebildete Winkel dem der nächsten ähnelt, oder unter Bildung verschiedener Winkel zur Ebene des Kerns in regelloser Weise orientiert sein. Im wesentlichen alle Fasern sind in einem spitzen Winkel (θ) zur Ebene des Kerns geneigt und im Rahmen dieser Anmeldung wird unter „im wesentlichen alle“ mindestens 80 Volumen% und bevorzugt mindestens 90 Volumen% der Fasern verstanden. Der Winkel oder die Winkel, mit dem/denen die Fasern zu den Metallplatten geneigt sind, beträgt vorzugsweise wesentlich weniger als 90° , z.B. weniger als 60° und liegt bevorzugter im Bereich von 10 bis 55° . Am meisten bevorzugt liegt der Winkel im Bereich von 20 bis 50° , wobei die interlaminaire Schubsteifigkeit und Scherfestigkeit optimiert werden, wenn der Faserwinkel sich 45° annähert.

Der Kern weist eine relativ offene Struktur auf, wobei die Fasern im Kern im allgemeinen 5 bis 50 % und vorzugsweise 5 bis 10 % des Kernvolumens einnehmen. Die Abmessungen der Poren innerhalb des Netzwerkes liegen typischerweise im Bereich von 50 bis 200 μm und bevorzugt 75 bis 125 μm , z.B. etwa 100 μm .

Die Dicke des Kerns liegt typischerweise im Bereich von 300 bis 3.000 μm und vorzugsweise im Bereich von 500 bis 2.000 μm .

Die Metallfasern können eine Reihe von unterschiedlichen Metallen umfassen. Beispiele hierfür umfassen Edelstahl, Stahl, Aluminium und Titan. Der Kern umfaßt vorzugsweise Edelstahl- oder Aluminium-Fasern. Außerdem können die Metallfasern aus dem gleichen Metall wie die Platten oder einem davon verschiedenen Metall sein, sind aber vorzugsweise das gleiche Metall.

Typischerweise weisen die Fasern Längen von weniger als 5.000 μm und bevorzugt von 100 bis 3.000 μm auf. Der mittlere Durchmesser der Fasern, der für die vorliegende Erfindung geeignet ist, beträgt typischerweise weniger als 500 μm , z.B. 10 bis 400 μm . Der mittlere Faserdurchmesser liegt vorzugsweise im Bereich von 60 bis 350 μm und bevorzugter im Bereich von 100 bis 300 μm . Im Rahmen

dieser Anmeldung bedeutet „mittlerer Durchmesser“ den mittleren Faserdurchmesser, berechnet aus der Summe der einzelnen Durchmesser einer Vielzahl von Fasern, dividiert durch die Anzahl der Fasern.

Als allgemeine Regel sollte das Sandwich-Verbundmaterial steif aber flexibel sein, es braucht aber nur genügend steif zu sein, um die Trennung der Platten aufrechtzuerhalten und eine übermäßige Scherung zwischen den Platten zu vermeiden, wenn sie einem Biegemoment ausgesetzt werden, z.B. während der Herstellung oder der Verwendung. Ein Mindest-Schermodul in der Ebene von etwa 1 GPa wäre ausreichend, um eine geeignete Steifigkeit des Kerns zu erzielen.

Die Steifigkeit des Kerns hängt von einer Reihe von Faktoren ab, einschließlich des Faserdurchmessers, des Faser-Volumenanteils und des Bindungsgrads der Fasern innerhalb des Netzwerks. Je größer die Fasern, desto größer ist im allgemeinen die Steifigkeit des Kerns. Der Einsatz von Fasern mit sehr großen Durchmessern kann aber zu Schwierigkeiten bei der Herstellung, der Handhabung und dem anschließenden Einbau des Kerns in die Sandwich-Verbundmaterialien führen.

Ein geeigneter, im Handel erhältlicher Kern wird von Bekaert, einer belgischen Firma, unter der Handelsbezeichnung Bekipor hergestellt.

Ein Weg, durch den der Kern hergestellt werden kann, besteht in dem Bilden einer Aufschlammung der Fasern in einer Flüssigkeit, z.B. Wasser, dem Absetzenlassen der Fasern und dann dem Entfernen der Flüssigkeit aus den sich ergebenden, angereicherten Fasern, z.B. durch Pressen oder Erwärmen. Das sich ergebende Erzeugnis kann dann unter leicht reduzierenden Bedingungen zur Vermeidung der Oxidation erwärmt und gegebenenfalls gepreßt werden, um die Fasern miteinander zu verbinden.

Der Kern kann auch nicht-metallische Fasern umfassen. Die Auswahl der für den Einsatz geeigneten nicht-metallischen Fasern hängt wahrscheinlich von der beabsichtigten Anwendung des Sandwich-Verbundmaterials ab. Wenn das Sandwich-Verbundmaterial z.B. beim Fahrzeug- oder Luftfahrzeugbau verwendet werden soll, sollten die nicht-metallischen Fasern relativ hohe Temperaturen widerstehen können. Es ist daher zu berücksichtigen, daß Keramik- oder Polymerfasern für die vorliegende Erfindung einsetzbar sein können.

Der Kern kann zusätzlich eine Polymermatrix, z.B. ein Epoxyharz, umfassen, die bezüglich der Verstärkung des Dämpfungsvermögens des Sandwich-Verbundmaterials vorteilhaft sein kann. Die Menge an Polymer im Kern kann aber durch die Tatsache beschränkt sein, daß die Beibehaltung eines guten elektrischen Kontakts zwischen den Metallplatten und den Metallfasern im Kern wichtig ist. Geeignete Mengen an Polymer liegen im Bereich von 10 bis 200 % des Metallfaservolumens.

Die Metallplatten und der Kern können auf vielerlei Arten miteinander verbunden werden, es ist jedoch wichtig, daß das ausgewählte Verfahren dergestalt ist, daß der elektrische Widerstand in Dickenrichtung des Sandwich-Verbundmaterials relativ gering gehalten wird. Idealerweise sollte der spezifische elektrische Widerstand des Kerns nicht mehr als etwa 0,01 bis 1 Ωcm betragen, so daß das Widerstands(punkt)schweißen ohne weiteres unter Verwendung einer herkömmlichen Ausrüstung durchgeführt werden kann.

Ein bevorzugtes Verfahren zum Befestigen der Metallplatten an den Kern erfolgt mit Hilfe eines Hartlots. Die Auswahl des Hartlots hängt von dem Metall ab, aus dem die Platten und die Fasern sind. Das Hartlot kann entweder auf die Platten oder auf den Kern durch irgendein geeignetes Verfahren, z.B. Streichen, Sprühen oder Tauchen, aufgebracht werden. Die durchschnittliche Porengröße im Kern sollte so ausgewählt werden, daß das Hartlot auf der Oberfläche des Kerns gehalten wird und kein Eindringen in den Kern in irgendeinem beträchtlichen Ausmaß ermöglicht wird.

Ein Nachteil der Verwendung eines Hartlots zur Befestigung der Platten an den Kern besteht jedoch darin, daß die meisten Hartlote relativ kompakt sind und daher die Gesamtflächendichte des Sandwich-Verbundmaterials erhöhen. Daher besteht eine Alternative, mit der die Platten an den Kern befestigt werden können, in der Verwendung eines Klebstoffs. Der Klebstoff kann wiederum z.B. durch Streichen, Sprühen oder Tauchen auf die Platten oder den Kern aufgebracht werden. Geeignete Klebstoffe beinhalten Epoxyharze. Das Vorliegen des Klebstoffs im Kern kann die Schalldämmung und das Schwingungsdämpfungsvermögen des Sandwich-Verbundmaterials verbessern. Außerdem kann der Einsatz eines Klebstoffes zu geringeren Gesamtherstellungskosten des Sandwich-

Verbundmaterials führen als bei Verwendung eines Hartlots zur Befestigung der Platten an den Kern.

Wenn Klebstoff zur Befestigung der Metallplatten an den Kern verwendet wird, ist es wichtig, einen guten elektrischen Kontakt zwischen den Platten und dem Kern beizubehalten. Dies hängt von einer Reihe von Faktoren ab, einschließlich der Menge an auf die Platten aufgetragenem Klebstoff und insbesondere der Steifigkeit der Fasern im Kern. Insbesondere sollten die Fasern steif und fest genug sein, damit bei Druckeinwirkung zur Befestigung der Platten an den Kern die Fasern mit den Platten in Kontakt kommen und sich nicht von den Platten wegbiegen.

Es wird angenommen, daß das Sandwich-Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung in sehr vielen Anwendungsbereichen Verwendung findet. Die Tatsache, daß das Sandwich-Verbundmaterial sich wie eine monolithische Platte handhaben läßt, bedeutet, daß es ohne weiteres formgepreßt, geformt oder tiefgezogen werden kann, um eine große Vielfalt an Komponenten zu bilden. Seine hohe Trägersteifigkeit in Verbindung mit der geringen Masse und der Schweißeignung machen es insbesondere geeignet für die Herstellung von Luftfahrzeug- oder Fahrzeugteilen, z.B. Spoilern, Karosserieblechen und Dächern, sowohl für Limousinen als auch für Hardtop-Kabriolets mit festem Dach.

Die vorliegende Erfindung wird nun durch das folgende Beispiel weiter erläutert.

Beispiel

Herstellung von Sandwich-Verbundmaterial

Zwei Edelstahlplatten mit einer Länge von 80 mm, einer Breite von 20 mm und einer Dicke von 200 µm wurden mit einem Chrom/Nickel-Hartlot beschichtet und dann jeweils auf einer Seite eines Edelstahl-Faserkerns der gleichen Länge und Breite und mit einer Dicke von 800 µm angeordnet, der von Bekaert unter der Produktbezeichnung Bekipor NPF 90071-000 geliefert wurde. Die sich ergebende Sandwich-Konstruktion wurde festgeklemt und auf etwa 1.000°C erwärmt, um die Metallplatten an den Kern zu binden. Die Flächendichte des sich ergebenden Produktes betrug 5,0 kg/m² und der Kernfaser-Volumenanteil betrug 0,19.

Verschiedene physikalische Eigenschaften des sich ergebenden Sandwich-Verbundmaterials wurden anschließend bestimmt und mit denen eines Sandwich-Verbundmaterials der in WO-A-9801295 beschriebenen Art verglichen. Dieses Material wurde durch Beschichten von einer Seite einer Edelstahlplatte mit einer Länge von 80 mm, einer Breite von 20 mm und einer Dicke von 200 µm mit einer Schicht von 200 g/m² des Klebstoffs Gurit Essex Betamate (1185) und anschließendem Beflocken mit Edelstahlfasern mit einer mittleren Länge von 1 mm und einem Durchmesser von 25 µm auf die beschichtete Stahlplatte unter Bildung einer Faserschicht mit einer Dicke von etwa 0,8 mm hergestellt. Man ließ den Klebstoff härten und eine zweite Edelstahlplatte mit den gleichen Abmessungen wie die erste wurde auf die gleiche Weise wie die erste mit Klebstoff beschichtet und in Kontakt mit den Fasern gebracht. Die sich ergebende Struktur wurde dann festgeklemmt, um einen fertigen Sandwich mit einer Dicke von 1,2 mm, einer Flächendichte von 3,8 kg/m² und einem Kernfaser-Volumenanteil von 0,08 zu erhalten.

Trägersteifigkeit

Die Trägersteifigkeit pro Breitereinheit für jedes Sandwich-Verbundmaterial wurde durch Biegen im einseitig eingespannten Zustand bestimmt, wobei ein Laserabtast-Extensometer zur genauen Messung der vertikalen Verschiebung und kleine Gewichte für die Belastung verwendet wurden. Die angewandten Kräfte lagen in der Größenordnung von einigen wenigen zehn Millinewton und die Verschiebungen lagen in der Größenordnung von wenigen hundert Mikrometern. Das elastische Verhalten wurde durch Messungen während fortschreitender Steigerungen gefolgt von Verminderungen der angewandten Belastung bestätigt.

Die Trägersteifigkeit pro Breitereinheit des Sandwich-Verbundmaterials nach der vorliegenden Erfindung betrug etwa 30 Nm, während die des in WO-A-9801295 beschriebenen Materials 12 Nm betrug.

Spezifischer elektrischer Widerstand in Dickenrichtung

Der spezifische elektrische Widerstand in Dickenrichtung für jedes Sandwich-Verbundmaterial wurde durch Messung des Spannungsabfalls zwischen den Außenseitenplatten bei einem Strom von 1 A unter Verwendung einer Wechsel-

28.02.02

8

strom-Modulierungstechnik zur Eliminierung anderer Spannungsabfälle im Meßschaltkreis bestimmt.

Es wurde festgestellt, daß der spezifische Widerstand in Dickenrichtung, der vom Faser-Volumenanteil des Kerns abhängt, etwa $0,01 \Omega\text{cm}$ für das Sandwich-Verbundmaterial nach der vorliegenden Erfindung beträgt, während festgestellt wurde, daß der spezifische Widerstand des in WO-A-9801295 beschriebenen Sandwich-Verbundmaterials etwa $10 \Omega\text{cm}$ beträgt.

DE 201 19 367 U1

SCHUTZANSPRÜCHE

1. Sandwich-Verbundmaterial umfassend zwei Metallplatten, die an einen Faserkern befestigt und durch diesen getrennt sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern ein dreidimensionales, poröses, Metallfasern umfassendes Netzwerk umfaßt, worin im wesentlichen alle Fasern in einem spitzen Winkel (θ) zu den Platten geneigt sind.
2. Sandwich-Verbundmaterial nach Anspruch 1, worin die Metallfasern an Kreuzungspunkt-Stellen innerhalb des Netzwerks miteinander verbunden sind.
3. Sandwich-Verbundmaterial nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, worin die Metallplatten und die Metallfasern Metalle umfassen, die unabhängig aus Edelstahl, Stahl, Aluminium und Titan ausgewählt sind.
4. Sandwich-Verbundmaterial nach Anspruch 3, worin die Metallplatten und die Metallfasern Edelstahl oder Aluminium umfassen.
5. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin die Platten mit Hilfe eines Hartlots an dem Faserkern befestigt sind.
6. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, worin die Platten mit Hilfe eines Klebstoffs an dem Faserkern befestigt sind.
7. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin die Fasern im Kern regellos orientiert sind.
8. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin θ kleiner als 60° ist.
9. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin der mittlere Durchmesser der Fasern kleiner als $500\text{ }\mu\text{m}$ ist.
10. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin die Gesamtdicke des Materials $0,5\text{ mm}$ bis 1 cm beträgt.

28.02.02

10

11. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin die Fasern 5 bis 50 Volumen% des Kerns einnehmen.
12. Sandwich-Verbundmaterial nach Anspruch 11, worin die Fasern 5 bis 10 Volumen% des Kerns einnehmen.
13. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin der Kern zusätzlich nicht-metallische Fasern umfaßt.
14. Sandwich-Verbundmaterial nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, worin der Faserkern zusätzlich eine Polymermatrix umfaßt.
15. Geschweißtes Material umfassend ein Sandwich-Verbundmaterial wie in irgendeinem der Ansprüche 1 bis 14 definiert, das an ein Substrat geschweißt ist.
16. Fahrzeugteil umfassend ein Sandwich-Verbundmaterial wie in irgendeinem der Ansprüche 1 bis 14 definiert.
17. Fahrzeugteil nach Anspruch 16, das aus Spoilern, Karosserieblechen und Dächern ausgewählt ist.

DE 201 19 367 U1

THIS PAGE BLANK (USPTO)